

[滚珠丝杠]

滚珠丝杠在制药压片机上的选型应用



滚珠丝杠是工业自动化传动中的关键部件，能有效提高传动效率，提升定位精度，节省操作时间。本文从应用角度出发，对滚珠丝杠的驱动结构进行了分析，对一些关键参数进行了说明，并充分考虑客户的实际要求，对滚珠丝杠选型各要件进行了详细计算和分析。

文 / 罗涛 • 中达电通股份有限公司

随着现代化生产的工业自动化程度提高，客户对自动化、高效率和高精度传动的要求越来越多。很多传统的传动方式已不适合当前产业的需要，滚珠丝杠这种高精度的传动产品在市场上的需求越来越大。滚珠丝杠是工具机和精密机械上最常使用的传动元件，其主要功能是将旋转运动转换成线性运动，或将扭矩转换成轴向反复作用力，同时兼具高精度、可逆性和高效率的特点。

传统制药行业压片机上调整药片压模的间隙基本为手动操作，调整精度差，效率低，严重制约

了制药厂的生产产能，客户更改该结构的意愿非常强烈。对于设计工程师而言，如何选配合适的定位精度，选配高性价比的滚珠丝杠，是一项非常重要并且势在必行的工作。

丝杠的基本要求

- ①运动方向：垂直方向；
- ②负载大小F：无外加压力状况20 ~ 30kg，外加压力大小1000kg；
- ③运行速度Nm：匀速运行10r/min；
- ④丝杠导程P：5mm；
- ⑤精度要求E：50mm内累积偏差< 0.02mm；
- ⑥有效行程L：120mm。

改进要求

客户之前的结构主要采用手动方式进行动力传动和定位。机构的工作原理：在蜗杆的一端装有手轮，转动手轮带动蜗杆转动，再由蜗杆带动斜齿轮，该斜齿轮在轴向上两端被限制住，只能做旋转运动，且同螺母联为一体，通过斜齿轮和螺母的旋转运动，带动直径为22mm的升降杆做上升或下降的直线运动。运动到要求的工艺位置后，升降杆就停止不动，压药动作开始进行，压药运行期间，压轮的最大压力为1t。而当压药品种需要更换时，

表 1 滚珠丝杠选型 (C0=4100kgf, 单位: mm)															
尺寸		钢珠直径	回流数	动负荷 10° 转 C kgf	静负荷 Co kgf	刚性 kgf/um	螺帽		法兰			螺孔			紧配长度
公称直径	导程						Dg6	L	F	T	E	X	Y	Z	
16	5	3.175	4	1010	2200	11	30	50	49	10	39	4.5	8	4.5	12
20	5	3.175	4	1320	3000	26	34	53	57	12	45	5.5	9.5	5.5	12
	6	3.969	4	1640	3500	26	34	61	57	12	45	5.5	9.5	5.5	12
25	5	3.175	3	1210	2340	25	40	46	64	12	51	5.5	9.5	5.5	15
			4	1550	4100	33		53							
	6	3.969	3	1540	2790	25	40	53	64	12	51	5.5	9.5	5.5	15
			4	1970	4800	32		61							
	10	4.763	3	1650	3270	25	40	64	64	12	51	5.5	9.5	5.5	15

再手动调节升降杆上升或下降做直线运动到另一工位。

从运动机理上分析，该机构设计合理，能满足使用要求。但不足之处也非常明显：靠人工来调整上升或下降距离，自动化程度很低；外协加工的升降杆与斜齿轮为非标产品，制造精度难以保证；工作效率低，因药片本体比较小，要求的厚薄精度比较高，只能通过多次试验来进行调整。

基于以上不足，客户期望提升设备档次，操作更加灵活快捷，达到以下要求：提升设备的柔性生产能力，快速应对不同规格的药片生产；提高调整效率，减少试验次数，提高成功率；定位精度要求≤0.02 mm。

改进后结构

针对客户的改进要求，对结构进行了调整：摒弃手动操作装置，改为完全自动化操作和控制的装置，同时实现更精确的定位要求。

运动机理分析：改进后通过伺服电机带动连接件，再通过键与螺母的连接，带动螺母旋转，螺母沿轴向被限位，不能做直线运动，从而带动滚珠丝杠做直线运动，进而达到调节滚轮与压板的间隙、控制药片厚薄的目的。

以上结构的优势非常明显：①通过伺服电机带动滚珠丝杠运动，代替手动摇轮，操作简单方便，自动化程度得到提升。②通过选用高精度滚珠丝杠，达到更高的传动精度。③应对不同的药片，可以比较快捷地达到生产要求，柔性化得到加强。

结构改进的主要难点在于：装配丝杠的空间比较狭小；不同

表 2 滚珠丝杠精度													单位：μm
累积代表导程误差（+E）与变动 e 之容许值													
精度等级		C0		C1		C2		C3		C4		C5	
项目	螺纹长	±E		±E		±E		±E		±E		±E	
		以上	以下	以上	以下	以上	以下	以上	以下	以上	以下	以上	以下
-	315	4	3.5	6	5	8	7	12	8	16	12	23	18
315	400	5	3.5	7	5	9	7	13	10	18	14	25	20
400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	20	14	27	20
500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	22	16	30	23

于传统的丝杠旋转，螺母做直线运动；客户要求螺母旋转，丝杠做直线运动。

滚珠丝杠的选型

1. 滚珠丝杠轴向负荷

基本额定静负荷即丝杠轴向静止的负荷，是指丝杠承受丝杠沟槽与钢珠接触点（即螺母与丝杠轴）永久变形量和钢珠本身永久变形量的总和，达到钢珠直径的0.01%时的最大轴向力。此负荷值即为基本额定静负荷。无外力状况时，轴向负载为30 kg；施加外力时，轴向负载为1 t。

考虑到设备实际工作状态，滚珠丝杠在运动状态（即调节间隙大小时）只受负载平台自身重力作用，该重量非常小，可不用考虑。施加外力时，因外力较大，需重点考虑，此时丝杠处于静止状态，因而参考滚珠丝杠的额定静负荷值即可。

2. 螺帽形式的选定

对应施加1000 kgf外力工况，参考滚珠丝杠样本，可查到对应直径25 mm，导程5 mm，钢珠回流圈数4，滚珠丝杠的额定静负荷值为4100 kgf（表1），初步可选R25-5T4系列滚珠丝杠。

3. 滚珠丝杠受力安全系数

因滚珠丝杠仅在静态时受力，只要受力大小有一定的安全

余量即可满足要求，该安全余量推荐选3倍以上，故R25-5T4系列滚珠丝杠满足预期使用要求。

4. 滚珠丝杠长度的确定

客户在滚珠丝杠轴向运动的调整距离比较小，不超过120 mm，同时考虑螺母自身的长度，客户丝杠长度选为183 mm。

5. 滚珠丝杠精度的确定

滚珠丝杠的精度可根据表2中的数据来确定。客户的有效行程在120 mm以内，要求的累积导程偏差在0.02 mm以内。根据以上表格，选取精度等级C4即可满足使用要求。

综上核算及精度确认，根据中达滚珠丝杠型号编码规则，最终滚珠丝杠的型号确定为R25-5T4-FSI-183-183-C4。

在此次药片机的机构升级改进项目中，主要协助客户对原手动机构进行了自动化改进，实现了客户的预期要求；同时对滚珠丝杠的选型、计算进行了详细分析，选择了合适的产品。通过此次结构改型成功，客户在后续的常规机型上，将参考本案全部更换为滚珠丝杠传动的自动化操作结构。相信随着国内自动化水平的提高，滚珠丝杠这种高端传动产品将会被越来越多地应用到各行业，进一步满足客户对高速、高精的需求。[1][2]